



⑯ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Off nl gungsschrift**
⑩ **DE 196 49 682 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 08 C 17/04
H 01 F 38/14
H 02 J 17/00
H 04 B 3/60

②① Aktenzeichen: 196 49 682.9
②② Anmeldetag: 29. 11. 96
④③ Offenlegungstag: 4. 6. 98

DE 196 49 682 A 1

⑦① Anmelder:
Schleifring und Apparatebau GmbH, 82256
Fürstenfeldbruck, DE

⑦④ Vertreter:
München . Rösler Anwaltskanzlei, 80689 München

⑦② Erfinder:
Lohr, Georg, Dr., 82216 Maisach, DE

⑤⑤ Entgegenhaltungen:
DE 44 12 958 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zur berührungslosen Signalübertragung zwischen beweglichen Einheiten

⑤⑦ Beschrieben wird eine Vorrichtung zur Übertragung von Energie bzw. Signalen zwischen gegeneinander beweglichen Einheiten.
Derartige Übertragungssysteme mit mechanischen Kontakten haben neben niedriger Bandbreite und schlechter Übertragungsqualität verkürzte Lebensdauern durch Abrieb und benötigen intensive Wartung. Die bekannten transformatorischen, berührungslosen Übertragungssysteme besitzen aufgrund der im System vorhandenen hohen Streuinduktivität und ungünstiger Impedanzverhältnisse eine niedrige Bandbreite.
Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Übertragung mittels einer reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung und induktiven Koppelleinrichtungen mit höchster Bandbreite und Störsicherheit erfolgt.

DE 196 49 682 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung, die eine Energie- bzw. Signalübertragung auf berührungslosem Weg zwischen gegeneinander beweglichen Einheiten ermöglicht.

Zur Energie- und Signalübertragung zwischen gegeneinander beweglichen Einheiten gibt es eine Vielzahl bekannter Verfahren. Besonders verbreitet sind mechanische Schleifringe oder auch Schleifbahnen. Hierbei erfolgt die Übertragung von Energie bzw. Signalen über einen galvanischen Kontakt. Diese mechanisch kontaktierten Systeme zeichnen sich durch Einfachheit und niedrige Kosten aus. Ein schwerwiegender Nachteil ist der durch den direkten mechanischen Kontakt verursachte Abrieb und Verschleiß. Dieser hat eine Verkürzung der Lebensdauer und einen erhöhten Wartungsaufwand zur Folge. Bei Anlagen mit hohen Verfahrensgeschwindigkeiten oder auch hohen Drehzahlen können derartige mechanische Systeme kaum mehr eingesetzt werden.

Abhilfe schaffen hier berührungslose Übertragungssysteme, die Energie bzw. Information auf berührungslosem Wege übertragen. Eine derartige Anordnung ist in der deutschen Patentanmeldung DE 44 46 779 beschrieben. Eine langgestreckte Sendespule wird von einem Leistungsgenerator gespeist. Der Abgriff der Energie erfolgt hier über eine beweglich angeordnete Empfangsspule, welche von einem Ferritkern umgeben ist. Durch die große räumliche Ausdehnung und die schlechte Verkopplung der beiden Spulen ergibt sich eine hohe Streuinduktivität. Diese Streuinduktivität kann durch eine Kapazität zu einem Resonanzkreis ergänzt werden. Dadurch ist die Energieübertragung bei der durch Streuinduktivität und Kapazität vorgegebenen Resonanzfrequenz problemlos möglich. Für eine breitbandige Informationsübertragung ist dieses System aber gänzlich ungeeignet.

Ähnliche Systeme sind in der Telemetrie verbreitet. Hier wird z. B. bei der Übertragung auf drehende Teile eine Spule aus mehreren, um die Rotationsachse gewickelten Leitern, eingesetzt. Die Verkopplung erfolgt über eine Spule mit ferromagnetischem Kern auf der Statorseite. Auch hier ergibt sich durch die lose Verkopplung eine hohe Streuinduktivität und als Folge davon eine niedrige Übertragungsbandbreite.

Bei modernen Meßsystemen wie z. B. Computertomographen oder Radarantennen müssen Datenraten im 100 Mbaud bis Gbaud-Bereich übertragen werden. Für solche Bandbreiten sind die zuvor beschriebenen Systeme mit hoher Streuinduktivität oder auch kapazitiv oder induktiv gekoppelte Trägerfrequenzsysteme, die nur eine geringe Kanalbandbreite aufweisen, ungeeignet.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine breitbandige, berührungslose Signal- bzw. Energieübertragung zwischen beweglichen Einheiten zu ermöglichen.

Die Lösung der Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Kommunikation der gegeneinander beweglichen Einheiten erfolgt mittels einer reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung. Der Begriff Leitung bezieht sich hier im allgemeinsten Sinne auf elektrisch leitfähige Gebilde, in denen elektromagnetische Wellen in TEM-Moden ausbreitungsfähig sind. Derart abgeschlossene Leitungen sind bekanntermaßen sehr breitbandig und können gleichzeitig sehr störarm bzw. störunempfindlich gestaltet werden. Da in der Praxis eine absolut reflexionsfreie Leitung nicht realisierbar ist, bezieht sich in dieser Patentanmeldung der Begriff "reflexionsfrei" auf möglichst reflexionsarme Leitungsabschlüsse, so daß eine einwandfreie Signalübertragung gewährleistet ist. Gerade bei der Übertragung von Digitalsignalen können relativ hohe Reflexionsfaktoren zugelassen werden, da eine

saubere Kurvenform bereits mit relativ einfachen technischen Mitteln wiederhergestellt werden kann.

Die Ein- bzw. Auskopplung der elektrischen Signale bzw. Energie erfolgt mittels einer induktiven Koppereinrichtung, die im Falle der Einspeisung in die Leitung in dieser Ströme induzieren kann. Hierbei ist die Koppereinrichtung so zu gestalten, daß sie in der Leitung kein Gleichtakt- sondern ein echtes Gegentaktsignal erzeugt. Denn nur bei Gegentaktsignalen ist die Leitungsimpedanz genau definiert und der reflexionsfreie Abschluß wirksam. Wesentlich für die Dimensionierung der Koppereinrichtungen ist ihr geringer Einfluß auf den Reflexionsfaktor der Leitung. Dies läßt sich z. B. durch eine schwache Ankopplung erreichen. Die dadurch bedingten niedrigen Signalpegel am Ausgang der Koppereinrichtung lassen sich problemlos mit breitbandigen Verstärkern anheben.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung befindet sich zumindest an einem Ende der reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung eine Quelle und/oder Senke für Signale bzw. Energie. Diese Art der direkten galvanischen Einkopplung in die Leitung ist besonders einfach und besitzt einen sehr hohen Wirkungsgrad. Somit ist es sinnvoll, insbesondere eine Quelle zur Energieversorgung der übrigen beweglichen Einheiten direkt an einem Ende der Leitung anzuschließen. Diese Anordnung ist auch im Falle der Übertragung zwischen einer feststehenden und einer relativ dazu bewegten Einheit sinnvoll, da in diesem Fall nur eine induktive Koppereinrichtung benötigt wird. Soll die erfindungsgemäße Anordnung ausschließlich zur Übertragung von der Leitung zu den Koppereinrichtungen erfolgen, so ist nur ein reflexionsfreier Abschluß der Leitung an ihrem freien Ende notwendig.

Die an einem Ende der Leitung angebrachte Quelle kann selbst eine beliebige Impedanz besitzen. Ein reflexionsfreier Anschluß dieser Quelle ist nicht zwingend notwendig, da die von der Quelle in die Leitung eingespeiste Energie vom Abschluß am anderen Leitungsende absorbiert wird. Eine Reflexion findet hier nicht statt. Somit kann auch keine elektromagnetische Welle zur Quelle zurücklaufen und von dieser reflektiert werden.

Im Falle der Energieeinspeisung über eine induktive Koppereinrichtung breitet sich vom Punkt der Energieeinspeisung eine elektromagnetische Welle in beide Richtungen der Leitung aus. Daher ist in diesem Fall zur Vermeidung von Störungen ein reflexionsfreier Abschluß beider Enden der Leitung notwendig.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält die induktive Koppereinrichtung der beweglichen Einheiten ferromagnetisches Material, welches derart angeordnet ist, daß die magnetische Verkopplung mit der Leitung erhöht wird. Hierbei sollte das ferromagnetische Material derart angeordnet werden, daß es die Leitung soweit wie möglich umschließt und damit ein möglichst geschlossener magnetischer Kreis entsteht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die induktive Koppereinrichtung mit einer niedrigen elektrischen Impedanz betrieben, dies bedeutet, daß die Quelle und/oder Senke für Signale bzw. Energie selbst eine niedrige Impedanz besitzt. Durch die niedrige Impedanz ist einerseits die Auskopplung magnetischer Energie aus der Leitung und damit der Reflexionsfaktor gering, andererseits läßt sich bei der Einkopplung ein möglichst hoher Strom in die Leitung selbst einkoppeln. Die bei der Auskopplung der Leitung entnommene Leistung ist:

$$P = (I_K)^2 \times R_K$$
Dabei ist R_K der Lastwiderstand im Falle einer Signal- bzw. Energiesenke und I_K der durch die Koppereinrichtung aus der Leitung ausgekoppelte Strom. Im praktischen Einsatz sollte nun hier der Widerstand R_K mög-

lichst niedrig dimensioniert werden, so daß dem Leitungssystem möglichst wenig Energie entzogen wird. Die Verstärkung zu günstigen Signalpegeln hin ist mit modernen Verstärkern problemlos möglich. Im Falle der Energieübertragung muß der Widerstand R_K so dimensioniert werden, daß die gewünschte Energie zur Verfügung steht. Im Sendefall kann eine Signal- bzw. Energiequelle mit niedrigerer Ausgangsimpedanz einen höheren Strom in die induktive Koppereinrichtung speisen. Damit läßt sich in diesem Falle durch eine niedrige Quellimpedanz der Wirkungsgrad erhöhen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Quellen und/oder Senken für Signale bzw. Energie derart gestaltet, daß ihre Impedanzen jeweils für den Sende- bzw. Empfangsfall unterschiedlich angepaßt sind.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Energieübertragung in einem oder mehreren Frequenzbereichen und/oder die Signalübertragung in einem oder mehreren von der Energieversorgung unterschiedlichen Frequenzbereichen. Damit lassen sich mit einer frequenzselektiven Einspeisung bzw. Auskopplung mehrere Energieübertragungs- bzw. Signalübertragungskanäle realisieren. Durch die Wahl der unterschiedlichen Frequenzbereiche kann eine gegenseitige Beeinflussung dieser Kanäle ausgeschlossen werden. Durch die extreme Bandbreite der reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung besteht große Flexibilität in der Wahl der Frequenzbereiche. So kann z. B. eine Energieübertragung mit einem schmalbandigen Signal hoher Amplitude bei 100 KHz erfolgen. Ein erstes Frequenzband zur schnellen Digitalübertragung könnte dann zwischen 10 und 100 MHz liegen, ein zweites Frequenzband zur Signalübertragung könnte den Bereich von 200 bis 500 MHz nutzen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Impedanz an der induktiven Koppereinrichtung und damit der Grad der Ankopplung an die Leitung frequenzabhängig. So kann im zuvor beschriebenen Beispiel in dem Frequenzbereich zur Energieübertragung, ein hoher Reflexionsfaktor auf dem Leitungssystem problemlos akzeptiert werden, da es bei der Energieübertragung nicht auf saubere, unverzerrte Signale und konstante Amplituden ankommt. Selbstverständlich kann ein Reflexionsfaktor von 100% nicht akzeptiert werden, da dann an einigen Stellen der Leitung keine Energieübertragung mehr möglich wäre. Mit modernen Schaltregeln in den beweglichen Einheiten, läßt sich aber problemlos eine Schwankung der verfügbaren Signalamplitude von 50% ausregeln. Daher kann nun die Ankopplung derart realisiert werden, daß sie in dem für die Energieübertragung vorgesehenen Frequenzband einen hohen Energieanteil auskoppelt und dabei auch hohe Reflexionen und Störungen aus der Leitung verursacht. In den für die Signalübertragung reservierten Frequenzbändern sind hohe Reflexionen nicht mehr zu akzeptieren. Daher müssen die Auskoppereinrichtungen so dimensioniert werden, daß sie in diesen Frequenzbereichen nur wenig Energie auskoppeln bzw. einen niedrigen Reflexionsfaktor verursachen. Die frequenzabhängige Anpassung der Auskopplung kann beispielhaft durch die Auswahl geeigneter ferromagnetischer Materialien in der Koppereinrichtung erfolgen. Alternativ dazu könnte die Auskopplung über frequenzabhängige Filter erfolgen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Leitung als symmetrische Zweidrahtleitung ausgeführt, wobei die induktive Koppereinrichtung beide Leiter dieser symmetrischen Zweidrahtleitung weitestgehend umfaßt. Die beste magnetische Verkopplung zwischen Koppereinrichtung und Leitung läßt sich durch einen voll-

ständig geschlossenen magnetischen Kreis erreichen. Hierzu müßte die Koppereinrichtung beide Leiter der symmetrischen Zweidrahtleitung ständig umfassen. Ein solche Ankopplung kann realisiert werden, wenn eine Abstützung der Leitung nicht notwendig ist. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn die Leitung zwischen ihren beiden Endpunkten frei gespannt wird oder wenn die Leitung durch die beweglichen Einheiten und ihre Koppereinrichtungen ausreichend mechanisch abgestützt ist. Sind zusätzliche Stützen zur mechanischen Fixierung der Leiter notwendig, dann müssen in der Koppereinrichtung entsprechende Aussparungen vorgesehen werden. Dadurch kann der magnetische Kreis nicht mehr vollständig geschlossen werden. Dennoch läßt sich gerade bei hohen Frequenzen eine ausreichende Verkopplung erreichen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Leitung als symmetrische Streifenleitung auf einem Träger realisiert. Der Träger ist meist eine ebene Platte aus nicht leitendem Material. Die induktive Koppereinrichtung muß so gestaltet werden, daß sie beide Leiter so weit wie möglich umfaßt. Zur Verbesserung der magnetischen Kopplung kann unter der Streifenleitung eine Schicht aus ferromagnetischem Material eingesetzt werden. Damit kann zusammen mit einer entsprechend ausgebildeten Koppereinrichtung ein nahezu geschlossener magnetischer Kreis erreicht werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung als unsymmetrische Streifenleitung ausgeführt. Um in diesem Fall eine Verkopplung mit dem Magnetfeld eines einzelnen Leiters erreichen zu können ist es notwendig, zwischen dem Signalleiter und seiner Masse eine Schicht aus Material mit ferromagnetischen Eigenschaften anzubringen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Ankopplung an die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung mit Hilfe einfacher Leiter, welche parallel in unmittelbarer Nähe zur Leitung angeordnet sind. Im Falle einer unsymmetrischen reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung muß dieser Leiter parallel dem signalführenden Leiter angeordnet werden. Im Falle einer symmetrischen Zweidrahtleitung kann wahlweise ein einzelner Leiter parallel zu einem der beiden Leiter der Leitung angeordnet werden oder es können zwei Leiter eingesetzt werden, von denen jeweils einer parallel zu einem Leiter der Zweidrahtleitung angeordnet ist. Zur Erhöhung der Gleichtaktunterdrückung kann zwischen der reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung und dem parallel dazu angeordneten Leiter ein Schirm angebracht werden. Er verhindert eine kapazitive Einkopplung des Signals.

Insbesondere im Falle von ausgedehnten, geschlossenen Trajektorien der Bewegung, wie dies bei Drehübertragern häufig der Fall ist, führen die Laufzeiten entlang der reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung zu signifikanten Phasenunterschieden zwischen Anfang und Ende dieser Leitung. Bewegt sich nun eine induktive Koppereinrichtung über den Punkt an dem Anfang und Ende der Leitung zusammentreffen, so ergibt sich insbesondere bei hohen Frequenzen ein nicht zu vernachlässigender Phasensprung. Dieser Effekt kann verbessert werden, indem die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung in mehrere kurze Segmente mit geringeren Laufzeiten aufgeteilt wird. Diese Segmente müssen nun alle mit gleicher Phase aus einer Quelle gespeist werden. Im Empfangsfall sollte die Empfängerschaltung ebenfalls über gleich lange Verbindungsleitungen zu den reflexionsfrei abgeschlossenen Leitungssegmenten verbunden werden.

In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausführung der Erfindung wird im Falle einer geschlossenen Bahn der Bewegung die Weglänge in zwei elektrisch gleich lange Teil-

stücke derart unterteilt, daß die Laufzeit des elektrischen Signals in beiden Leitungen gleich lang ist. Die Speisung beider Leitungen erfolgt von einem Punkt der Bewegungsbahn aus. An dem entferntesten Punkt der Bahn befinden sich die reflexionsfreien Abschlüsse beider Leitungen. Damit können keine Phasensprünge mehr an den Schnittstellen dieser beiden Leitungsteile stattfinden. So ist am Einspeisepunkt der Leitungen mit den beiden Leitungsteilen die Phase gleich, da diese direkt mit der Quelle verbunden sind. An dem Punkt des reflexionsfreien Abschlusses beider Leitungen besteht ebenfalls keine Phasendifferenz, da beide Signale bis zum Erreichen dieses Punktes den gleichen elektrischen Weg zurückgelegt haben und damit auch gleichzeitig ankommen. Wichtig bei dieser Anordnung ist, daß die Signale am Einspeisepunkt derart eingespeist werden, daß der Stromfluß zu jedem Zeitpunkt entlang der Trajektorie der Bewegung in einer Richtung verläuft. Dies bedeutet, daß die Quelle im Falle einer unsymmetrischen Leitung in den einen Leitungspfad das invertierte Signal des zweiten Leitungspfades einspeist. Im Falle einer symmetrischen Leitung bedeutet dies, daß die Einspeisung in den einen Leitungszweig, ebenfalls mit invertiertem Signal, zum anderen Leitungszweig erfolgt. Dies läßt sich besonders einfach durch ein Vertauschen der Leitungen erreichen. Die hier für den Sendefall geschilderte Funktionsweise gilt selbstverständlich auch für den Empfangsfall.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird die beidseitig reflexionsfrei abgeschlossene Leitung als symmetrische Zweidrahtleitung ausgeführt, welche von einem metallisch leitenden Gehäuse zur elektrischen Abschirmung weitgehend umschlossen wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Vorrichtung zur Breitbandübertragung mit reflexionsfrei abgeschlossener Leitung und induktiven Koppelleinrichtungen

Fig. 2 Induktive Koppelleinrichtung

Fig. 3 Induktive Koppelleinrichtung bei abgestützter Zweidrahtleitung

Fig. 4 Leitung in Streifenleitungstechnik mit Koppelleinrichtung

Fig. 5 Induktive Koppelleinrichtung mit unsymmetrischer Streifenleitung

Fig. 6 Beispielhafte Koppelleinrichtung für unsymmetrische Leitungen

Fig. 7 Beispielhafte Koppelleinrichtung für symmetrische Leitungen

Fig. 8 Übertragungsvorrichtung mit geschlossener Bahn und unsymmetrischer Leitung

Fig. 9 Übertragungsvorrichtung mit geschlossener Bahn und symmetrischer Leitung

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung, bestehend aus einer Leitung (3), welche durch einen geeigneten Widerstand (2) reflexionsfrei abgeschlossen ist. Diese Leitung ist hier beispielhaft als symmetrische Zweidrahtleitung ausgeführt. Selbstverständlich können hier auch unsymmetrische Leitungstypen eingesetzt werden. Weiterhin sind mehrere bewegliche Einheiten dargestellt, welche jeweils aus einer induktiven Koppelleinrichtung (12, 22, 32) sowie den zugehörigen Quellen und/oder Senken für Signale bzw. Energie (11, 21, 31) bestehen. Zur Vereinfachung der Darstellung ist hier jeweils das elektrische Schaltsymbol einer Wechselspannungsquelle eingesetzt. Grundsätzlich bezieht sich der Begriff Quelle in dieser Patentschrift auf eine Quelle und/oder Senke für Signale bzw. Energie in allgemeiner Form. Weiterhin ist beispielhaft an einem Ende der reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung (3) eine Quelle und/

oder Senke für Signale bzw. Energie (1) angebracht.

Fig. 2 zeigt beispielhaft eine induktive Koppelleinrichtung zur Ankopplung an die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung. Diese Leitung ist hier wieder beispielhaft als symmetrische Zweidrahtleitung ausgeführt und besteht aus den beiden Leitern (4) und (5). Diese werden umschlossen von einem Kern aus ferromagnetischen Materialien (6), der die Aufgabe hat, das magnetische Feld der beiden Leiter (4) und (5) durch eine Koppelspule (7) zu führen. An den freien Leitungsenden dieser Ankoppelspule sind die Quellen und/oder Senken für Signale bzw. Energie angeschlossen.

Fig. 3 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführung einer induktiven Koppelleinrichtung zur Ankopplung einer Zweidrahtleitung. Die beiden Leiter (4) und (5) der Zweidrahtleitung sind hier über Stützen vom Untergrund abgestützt. Dadurch ist ein vollständiges Umschließen der Leiter durch den ferromagnetischen Kern der Koppelleinrichtung (6) nicht mehr möglich. Dieser Kern ist hier so angeordnet, daß er die beiden Leiter zumindest weitgehend umschließt. In der hier gezeigten Anordnung ist die Umschließung ausreichend, um den magnetischen Fluß durch die Koppelspule (7) zu leiten.

Fig. 4 zeigt eine Leitung in Streifenleitungstechnik, bestehend aus den Leitern (4) und (5), aufgebracht auf einem isolierenden Trägermaterial (8). Die induktive Koppelleinrichtung besteht aus einem Körper aus ferromagnetischem Material (6) und der Koppelspule (7). Zur Verbesserung des magnetischen Flusses kann hier als Träger der Leiter (4) und (5) ein Isoliermaterial (8) mit ferromagnetischen Eigenschaften eingesetzt werden. Zur Verbesserung der Isolation kann zwischen den Leitern (4) und (5) und dem wahlweise ferromagnetischen Material (8) ein dünner Isolierfilm angebracht werden.

Fig. 5 zeigt die Einkoppelleinrichtung im Falle einer unsymmetrischen Streifenleitung. Die unsymmetrische Streifenleitung, bestehend aus einem Signalleiter (4) und einem Masseleiter (5), getrennt durch ein Isoliermaterial (9), ist auf der Trägerfläche (8) aufgebracht. Der induktive Abgriff erfolgt nun mittels eines Kerns aus ferromagnetischem Material (6) und einer Koppelspule (7). In diesem Fall muß das Magnetfeld zwischen dem Signalleiter (4) und dem Masseleiter (5) hindurchtreten. Zur Verbesserung des magnetischen Flusses sollte hier die Isolierschicht (9) möglichst dick dimensioniert werden und/oder ferromagnetische Eigenschaften besitzen.

Grundsätzlich beziehen sich in dieser Patentanmeldung die Begriffe ferromagnetisches Material auf derartige Materialien sowie auf andere Materialien mit ferromagnetischen Eigenschaften. Die können Eisenmaterialien, Ferrite oder auch Verbundwerkstoffe wie Ferrit-Polymer-Compounds sein.

Fig. 6 zeigt beispielhaft eine einfache Koppelleinrichtung für eine unsymmetrische Leitung. **Fig. 4** ist der signalführende Leiter der unsymmetrischen Leitung. Aus diesem wird mittels einer Koppelspule (7) ausgeführt als Leiter schleife induktiv das Signal ein- bzw. ausgekoppelt. Zur Unterdrückung kapazitiver Beeinflussung kann zusätzlich ein Schirm (13) angebracht werden.

Fig. 7 zeigt eine besonders einfache Ein- bzw. Auskoppelleinrichtung für den Fall einer symmetrischen Zweidrahtleitung. Hier dient die Koppelspule (7) ausgeführt als Leiter schleife zur Verkopplung mit den beiden Leitern (4) und (5) der Zweidrahtleitung.

Fig. 8 zeigt beispielhaft eine erfindungsgemäße Vorrichtung für eine geschlossene Trajektorie der Bewegung der einzelnen beweglichen Einheiten, wie dies z. B. bei einem Drehübertragungssystem der Fall ist. Bei einer solchen Übertragungseinrichtung mit geschlossener Bahn ist eine

lückenlose Übertragung auf der ganzen Strecke besonders wichtig. Darüber hinaus sollten keine Stellen mit Phasensprüngen des Signales vorhanden sein. Wird beispielsweise eine lineare Anordnung, wie beispielhaft in Fig. 1 dargestellt, zu einem Kreis geschlossen, so ergibt sich bei einer Bewegung über den Einspeisepunkt ein Phasensprung. Dieser kommt dadurch zustande, daß unmittelbar über dem Einspeisepunkt ein unverzögertes Signal und unmittelbar über dem Abschluß der Leitung ein um die Laufzeit der Leitungslänge verzögertes Signal anliegt. Befindet sich die induktive Koppelinrichtung zunächst unmittelbar über dem Abschluß, so erhält sie das um die Signallaufzeit verzögerte Signal. Durch eine kleine Bewegung der Koppelinrichtung in Richtung Einspeisepunkt der Signalquelle, erhält die Koppelinrichtung das unverzögerte Signal. Dadurch ergibt sich auf einem sehr kurzen Weg bzw. in sehr kurzer Zeit eine starke Änderung der Phase. Derartige Phasensprünge können mit einer in Fig. 8 dargestellten Anordnung vermieden werden. Hierbei wird der gesamte elektrische Weg in zwei gleich lange Teilstücke (3a) und (3b) aufgeteilt. Die Einspeisung des Signals erfolgt in beide Leitungsteile an einer Trennstelle, an der anderen Trennstelle befinden sich die Abschlüsse der Leitung (2a) und (2b). Damit kann ein Phasensprung entlang des Weges sicher verhindert werden. Bei den kritischen Bereichen sind die Phasen gleich. So ist im Einspeisepunkt die Phase des Stromes durch die gleiche Signallaufzeit für beide Leitungszweige gleich und am Punkt der Abschlüsse ist ebenso durch die gleich langen Leitungslängen der Teilstücke (3a) und (3b) die Laufzeit und damit die Phase des Signales gleich. Zur Erfüllung der zweiten Bedingung, der lückenlosen Übertragung über den gesamten Drehbereich, ist eine spezielle Signaleinspeisung notwendig. Durch diese Art der Signaleinspeisung muß sichergestellt werden, daß im Einspeisepunkt der Stromfluß in beiden Leitungszweigen in die gleiche Richtung erfolgt. Würde der Stromfluß jeweils in unterschiedliche Richtungen erfolgen, so würde unmittelbar an der Position des Einspeisepunktes keine Übertragung möglich sein, da sich die Magnetfelder der einzelnen Ströme in der Koppelinrichtung gegenseitig aufheben. Die Pfeile zeigen hier beispielhaft die Richtung des Stromflusses im statischen Fall für ein positives Signal der Quelle (1). Um hier den Stromfluß über den ganzen Weg in der gleichen Richtung zu erzwingen, wird eine Schaltung (14) mit zwei Ausgängen entgegengesetzter Polarität zur Speisung eingesetzt. Dies kann beispielsweise eine Kombination aus einem invertierendem und einem nicht invertierendem Verstärker oder auch ein Übertrager sein.

Fig. 9 zeigt beispielhaft die Realisierung einer Übertragungsstrecke mit geschlossenem Weg mittels einer symmetrischen Leitung. Die Speisung der beiden gleich langen Leitungszweige (3a) und (3b), welche mit den Abschlüssen (2a) und (2b) reflexionsfrei abgeschlossen sind, erfolgt hier mit einer symmetrischen Quelle (1). Die beiden Leitungszweige sind so über Kreuz verschaltet, daß der Stromfluß über den gesamten Weg konstant ist. Die Pfeile zeigen hier den Stromfluß in allen Teilen des Ringes im statischen Fall einer positiven Spannung. Anstelle der symmetrischen Quelle kann auch eine unsymmetrische Quelle mit einer nachgeschalteten Symmetrieschaltung eingesetzt werden. Dies kann wie in Fig. 8 dargestellt, eine Schaltung (14) mit Ausgängen unterschiedlicher Polarität bestehend aus aktiven Komponenten oder auch Übertragern sein. Die hier gezeigte kreuzweise Verbindung dient nur zur Veranschaulichung der Funktionsweise. Sie ist im Falle einer unidirektionalen Verbindung mit der Quelle (1) als Sender und einer induktiven Koppelinrichtung als Empfänger sinnvoll. Bei einer bidirektionalen Übertragung sollten an der Stelle der

Einspeisung beide Leitungen reflexionsfrei abgeschlossen sein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur breitbandigen Signal- bzw. Energieübertragung zwischen gegeneinander beweglichen Einheiten, welche zumindest jeweils eine Quelle und/oder Senke für Signale bzw. Energie besitzen, **dadurch gekennzeichnet**, daß entlang der Trajektorie der Bewegung eine reflexionsfrei abgeschlossene Leitung vorhanden ist und die beweglichen Einheiten eine induktive Koppelinrichtung zur Ankopplung an die Leitung besitzen, welche derart an der Leitung angeordnet ist, daß in dieser Ströme induziert bzw. fließende Ströme abgegriffen werden können.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest an einem Ende der reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung eine Quelle und/oder Senke für Signale bzw. Energie angebracht ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der induktiven Koppelinrichtung ferromagnetische Materialien zur verbesserten Ankopplung an die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung eingesetzt werden.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Quellen und/oder Senken für Signale bzw. Energie selbst eine niedrige Quell- bzw. Eingangsimpedanz besitzen, so daß die diesen zugeordnete induktive Koppelinrichtung mit einer niedrigen Impedanz betrieben wird.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Quellen und/oder Senken für Signale bzw. Energie jeweils für den Sende- und/oder Empfangsfall unterschiedliche Impedanzen zum Betrieb der induktiven Koppelinrichtung besitzen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Energie und Signale gleichzeitig in getrennten Frequenzbereichen übertragen werden.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die über die induktive Koppelinrichtung in die Leitung transformierte Impedanz ein vorgegebenes frequenzabhängiges Verhalten besitzt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung als symmetrische Zweidrahtleitung ausgeführt ist und die induktive Koppelinrichtung beide Leiter dieser Zweidrahtleitung weitestgehend umfaßt.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung als symmetrische Streifenleitung ausgeführt ist und die induktive Koppelinrichtung derart ausgebildet ist, daß sie die beiden Leiter dieser Streifenleitung weitestgehend abdeckt und wahlweise das Trägermaterial der Streifenleiter ferromagnetische Eigenschaften besitzt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung als unsymmetrische Streifenleitung ausgeführt ist und zur besseren Ankopplung durch eine induktive Koppelinrichtung, welche den Signalleiter abdeckt, eine zusätzliche Schicht aus Material mit ferromagnetischen Eigenschaften zwischen diesem Signalleiter und seiner Masseleitung, angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die induktive Koppelinrichtung im Falle einer unsymmetrischen reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung aus einem Leiter parallel in unmittelbarer

Nähe zum Signalleiter dieser Leitung und im Falle einer symmetrischen reflexionsfrei abgeschlossenen Leitung aus einem Leiter parallel in unmittelbarer Nähe zu einem der Leiter dieser Leitung oder wahlweise aus zwei Leitern, welche parallel in unmittelbarer Nähe zu beiden Leitern der reflexionsfrei abgeschlossenen symmetrischen Leitung angeordnet sind, besteht.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle einer geschlossenen Bahn der Trajektorie der Bewegung, wie dies insbesondere bei Drehübertragern der Fall ist, die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung in mehrere kurze Leitungssegmente aufgespalten ist, wobei jedes dieser Leitungssegmente an mindestens einem Ende mit einer Quelle und/oder Senke für Signale bzw. Energie, über gleich lange Leitungen verbunden ist und die Speisung bzw. Auswertung dieser Segmente phasensynchron erfolgt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle einer weitgehend geschlossenen Trajektorie der Bewegung, die reflexionsfrei abgeschlossene Leitung in zwei Segmente mit elektrisch gleicher Leitungslänge aufgeteilt ist und die Speisung bzw. der Empfang jeweils an den beiden am nächsten beieinander liegenden Endpunkten dieser Leitungssegmente derart erfolgt, daß diese Segmente mit invertierten Signalen gespeist bzw. im Empfangsfall invertiert ausgewertet werden.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die symmetrische Zweidrahtleitung von einem diese weitgehend umschließenden Gehäuse aus elektrisch gut leitendem Material geschirmt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1:

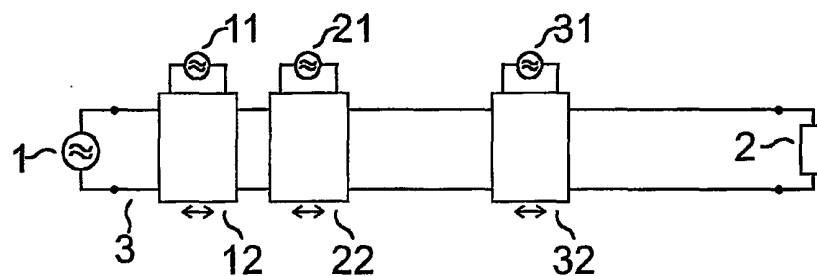


Fig. 2:

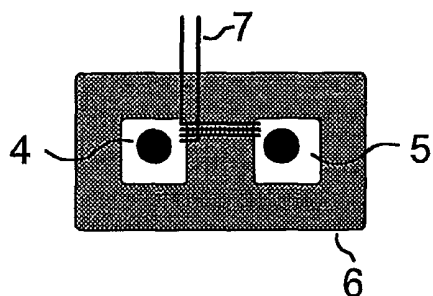


Fig. 3:

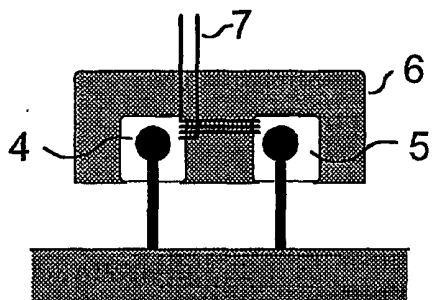


Fig. 4:

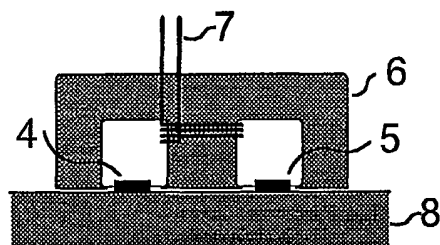


Fig. 5:

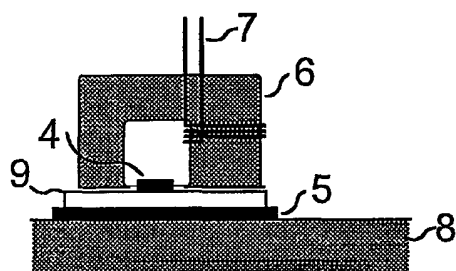


Fig. 6:



Fig. 7:

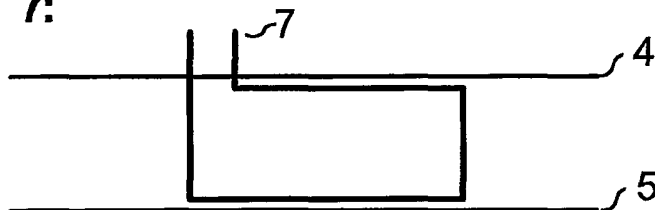


Fig. 8:

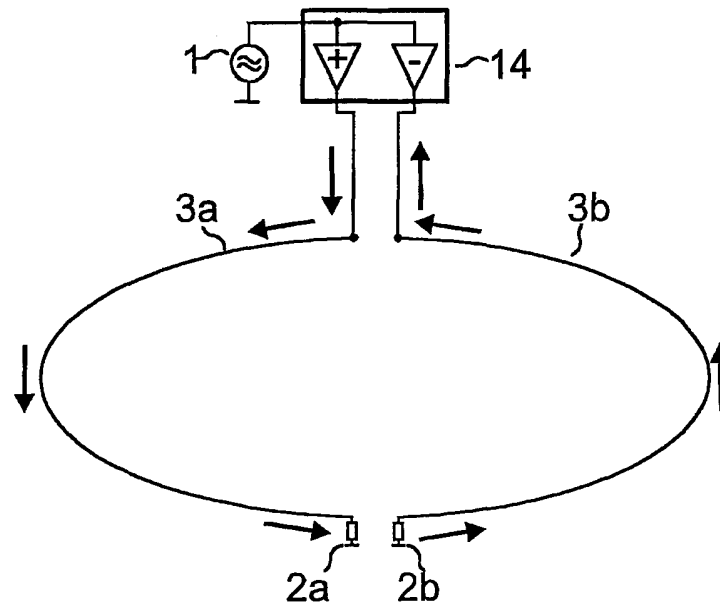


Fig. 9:

